

Kuivauksenohjausjärjestelmän uusiminen

Tero Lehtomäki

Opinnäytetyö
Helmikuu 2015

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Lehtomäki, Tero	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 23.03.2015
	Sivumäärä 44	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kuivauksenohjausjärjestelmän uusiminen		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Häkkinen, Veli-Matti		
Toimeksiantaja(t) Multian Saha Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Multian Saha Oy:lle. Multian Saha Oy on vuonna 1952 perustettu perheyritys.</p> <p>Tavoitteena on tehdä logiikkasovellus joka toimii vanhan ohjausyksikön tavoin, mutta lisänä on mahdollisuus tavarankuivaukseen. Logiikkana toimii Unitronicsin V570 logiikka ja ohjattavina laitteina patterin lämminvesiventtiilin toimilaite Siemens SKD82.50 sekä poistoilmapiirin toimilaite Sauter A44W2F020. Ohjaus tapahtuu kamarissa olevien kahden pt100-lämpötila anturin perusteella, joista toinen mittaa kuivalämpötilaa ja toinen märkälämpötilaa. Uudet ohjausyksiköt ja sovellus on tarkoitus ottaa käyttöön kaikissa kuudessa kamarissa.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään läpi puunkuivauksen teoriaa ja siihen liittyviä menetelmiä. Työssä tutustutaan myös melko tarkasti vanhan ohjausyksikön toimintaan ja kuinka vastaavat toiminnot on toteutettu uudella logiikkaohjauksella sekä mitä parannuksia uusi ohjausyksikkö pitää sisällään.</p> <p>Valmiista sovelluksesta avataan tarkemmin lämmitys-, kuivaus- ja lopetus-aliohjelmia ja ne ovat näkyvillä liitteissä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteet on saavutettu ja uudet ohjausyksiköt on rakennettu ja sovellus on otettu käyttöön kaikissa kuudessa kamarissa käyttöön 2014 syksyllä.</p>		
Avainsanat (<u>asiasanat</u>) Ohjausyksikkö, logiikka, toimilaite, kamari, märkälämpötila ja aliohjelma.		
Muut tiedot		



Author(s) Lehtomäki, Tero	Type of publication Bachelor's thesis	Date 23.03.2015
		Language of publication:
	Number of pages 44	Permission for web publication: x
Title of publication Replacement of wood drying system		
Degree programme Automation engineering		
Tutor(s) Häkkinen, Veli-Matti		
Assigned by Multia Sawmill		
<p>Abstract</p> <p>The bachelor's thesis was assigned by Multia Sawmill Ltd, a family business founded 1952.</p> <p>The aim of thesis was to design a logic application that operates in the same way as the old control unit, however, with the possibility of initial heating for the goods. The used logic is Unitronics V570 and the controllable devices are hot water valve actuator Siemens SKD82.50 and exhaust air damper actuator Sauter A44W2F020. The control of the chambers receives its parameters from two pt100 temperature sensors, where one of them measures the dry temperature and the other the wet temperature. The new control units and the application are to be used in all six wood drying chambers.</p> <p>The thesis goes through the wood drying theory and related methods. It also processes closely the old control unit's operations and how the corresponding functions are to be implemented in the new logic control, as well as the improvements included in the new logic control.</p> <p>The finished application is discussed in more detail focusing on subroutines of the heating, drying and end which are also illustrated in the attachments.</p> <p>The targets set for the thesis were achieved, the new control units have been built and the application has been taken into use with all six chambers in the autumn of 2014.</p>		
Keywords/tags Control unit, logic, actuator, chamber, wet temperature and subroutine		
Miscellaneous		

Sisällysluettelo

1	Toimeksianto	3
2	Puun kuivaus	3
2.1	Yleistä.....	3
2.2	Alkulämmitys	4
2.3	Lämpötila	4
2.4	Ilman suhteellinen kosteus	5
2.5	Koekappale.....	5
2.6	Loppukosteuden seuraaminen	5
2.7	Kosteusnäytteet.....	6
2.8	Sähköinen puunkosteusmittari	6
2.9	Loppuhöyrytys	7
2.10	Jäähdytys.....	7
2.11	Kuivausajat.....	7
2.12	Kosteuden säätö	8
2.13	Lämpötilan säätö.....	9
3	Kuivaukseen liittyvät laskut.....	10
4	Vanha kuivaaja TEKMA	11
4.1	Laitteisto	11
4.2	Kuiva lämpötila.....	12
4.3	Märkä lämpötila	12
4.4	Säädin.....	13
4.5	Muu toiminta	13
5	Parannukset	13
5.1	Alkulämmitys	13
5.2	Patterien jäätymisen esto	15
5.3	Valmistumisajan ilmoitus	15
6	Unitronics V570 ja I/O	15
6.1	Lisämoduuli I/O V200-18-3EX	16
7	Logiikan kasaaminen ja testaus.....	16

7.1	Testaus.....	17
8	Käyttöliittymä.....	18
8.1	Vaatimukset.....	18
8.2	Toteutus	19
9	Säätö.....	22
9.1	PID	22
9.2	PWM.....	25
10	Kuivausohjelma	26
10.1	Ohjelmarakenne.....	26
11	Lopputulokset.....	27
11.1	Jatkomahdollisuudet	28
	Liitteet.....	31
	Liite 1. Ohjelmakoodi: Lämmitys	31
	Liite 2. Ohjelmakoodi: Kuivaus	35
	Liite 3. Ohjelmakoodi: Lopetus	41

Kuviot

KUVIO 1. JUMPPERIASETUKSET.....	16
KUVIO 2. VANHA OHJAUSPANEELI	18
KUVIO 3. PÄÄNÄYTTÖ	19
KUVIO 4. ASETUKSET	20
KUVIO 5. VALMISTUMINEN.....	21
KUVIO 6. NÄYTÖNSÄÄSTÄJÄ.....	21
KUVIO 7. KUIVAUSKÄYRÄ: LÄMPÖTILA (PUNAINEN), OHJAUSARVO (SININEN) JA OHJAUS (VIHREÄ)	24
KUVIO 8. PID	24
KUVIO 9. PWM	25
KUVIO 10. LÄMPÖTILAN OHJAUksen KASVATTAMINEN.....	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.

1 Toimeksianto

Sain tehtävänannon Multian Saha Oy:lle. Sahalla oli vanha kuivauslaitos, jonka kuivausjärjestelmät olivat käyneet vanhoiksi ja niille ei enää löytynyt korjaajaa. Tehtäväkseni tuli uusien vanha järjestelmä uudella logiikkaohjatulla järjestelmällä. Logiikaksi oli ennestään valittu Unitronics V570, joka sisälsi integroidun operointinäytön. Unitronicsin logiikan valintaan oli vaikuttanut hinta ja tekniset ominaisuudet. Sahalla oli myöskin uusi kuivaaja, jonka toimittajana toimi WSAP. Tehtävääni kuului opiskella uuden ja vanhan kuivaajan toimintaperiaatteet, sekä kuivausprosessin periaatteet. Tämän jälkeen tuli tehdä vanhan kuivausjärjestelmän kaltainen järjestelmä niin, että aikaisemmin ja uusimistyön aikana huomautetut epäkohdat olisivat kuitenkin korjattu. Operointinäytölle täytyi luoda helpokäyttöinen käyttöliittymä käyttämällä unitronicsin Visilogic-ohjelmaa.

2 Puun kuivaus

2.1 Yleistä

Puun ominaisuudet, kuivaamon rakenne ja valmiin tavaran laatuvaatimukset vaihtelevat paljon. Tämän vuoksi mitään ehdottoman tarkkoja kuivauskaavoja ei ole olemassa. Ohessa esitetyt kaavat toimivat vain yleisellä tasolla ja jokainen laitos kehittää niistä omiin tarkoituksiinsa parhaiten soveltuvat kuivauskaavat. (Surakka, T. 1970-80.)

2.2 Alkulämmitys

Alkulämmityksen tarkoituksena on lämmittää kuivattava tavara mahdollisimman nopeasti, siten ettei tavara ala kuivua, vaan kosteus mieluummin jopa lisääntyy 1-2 %. Tämän mahdollistaa ilman suhteellisen kosteuden pitäminen noin 80 % sahatuoreella ja noin 70 % ilmakeivällä tavarella. Haluttu kuivauksen aloituslämpötila tulee saavuttaa mahdollisimman nopeasti ja ilmansäätöpellin tulee ehdottomasti olla kiinni lämmityksen ajan. Tarvittaessa ilman kosteutta lisätään höyryttämällä.

Lämmitysajan täytyy kuitenkin olla sen verran pitkä, että tavara lämpenee haluttuun aloituslämpötilaan sisäosiaan myöten. Tämä tarkoittaa sitä, että pellin on oltava kiinni 1-2 h halutun aloituslämpötilan jälkeen kesällä ja talvella 2-3 h. Lautoja kuivattaessa tämä ei ole niin tärkeää, vaan kuivaus voidaan aloittaa jopa heti halutun lämpötilan saavuttamisen jälkeen. (Surakka, T. 1970-80.)

2.3 Lämpötila

Mitä korkeampi lämpötila on, sitä nopeampaa on tavarankuivuminen. Näin ollen tulisi pyrkiä nostamaan lämpötila mahdollisimman korkeaksi, ottaen huomioon puun ominaisuudet ja käyttötarkoitus. Lämpötilan nostamisessa rajoittavana tekijänä on kuitenkin puun halkeaminen lämpötilan ollessa liian korkea.

Lämpötilan korkeuden vientitavaralle määrää kuitenkin pihkan kiehuminen, jota on havaittavissa kuolleiden oksien ympärillä. Pihkavuodosta ei saa olla haittaa ulkonäölle eivätkä oksat saa irrota tai kohota puun pinnasta. Tämän vuoksi ei vientitavarankuivauksessa yleensä käytetä yli 50-52 celsiusasteen lämpötiloja. On huomattavaa, että tuore pihka sulaa jo alemmassa lämpötilassa, minkä vuoksi on suotavaa käyttää kuivauksen alkuvaiheessa 5-6 celsiusasteesta alemmaa lämpötilaa. Puusepäntavaralla voidaan lämpötilaa nostaa kuivauksen loppuvaiheessa jopa 70-80 celsiusasteeseen. (Surakka, T. 1970-80.)

2.4 Ilman suhteellinen kosteus

Tavaran halkeilu on estettävissä vain pitämällä ilman suhteellinen kosteus tarpeeksi korkeana. On luonnollista, että mitä korkeampi on ilman suhteellinen kosteus, sitä hitaammin kuivuminen tapahtuu. Näin ollen olisikin etsittävä kuhunkin kuivausvaiheeseen sellainen erotus, jolloin halkeilua ei tapahtuisi ja tavara kuivaisi kuitenkin mahdollisimman nopeasti.

Säätö suoritetaan mahdollisimman pitkälle ilmanvaihtopeltien avulla. Jos kuivauksen loppuvaiheessa kuitenkin ilma pyrkii liian kuivaksi, vaikka pellit ovat täysin kiinni, on apuna käytettävä höyrytystä. (Surakka, T. 1970-80.)

2.5 Koekappale

Kuivauskaavan noudattaminen ja kuivauksen lopettaminen oikealla hetkellä on yleensä mahdollista vain koekappaleen avulla. Se sahataan noin metrin mittaiseksi, molemmista päistä otetaan kosteusnäytteet, päät lakataan al-pronssilla, kappale punnitaan ja sijoitetaan kuormaan siten, että se voidaan hakea joka päivä punnittavaksi. Kun kosteus on laskettu, määrätään kuivauskäyrän perusteella se ilman suhteellinen kosteus, jota sillä hetkellä tulisi noudattaa. (Surakka, T. 1970-80.)

2.6 Loppukosteuden seuraaminen

Kuivaamon hoitajan tärkeimpänä tehtävänä on seurata ulos otettujen kuormien kosteutta, sillä liian kostea tavara pilaantuu helposti varastossa tai matkalla ostajalle. Suoritettujen tutkimusten mukaan vientitavaralla 24 % on sellainen kosteus, jota ei saa ylittää, mutta varmuuden vuoksi kuivataan laudat tavallisesti 17-18 %:iin ja lankut 18-20 %:iin. Kosteuden tarkkailuun on kaksi mahdollisuutta: näyteliuskat ja sähköinen kosteusmittari. (Surakka, T. 1970-80.)

2.7 Kosteusnäytteet

Näyteliuskat pyritään ottamaan kosteimmasta kohdasta. Kostein kohta lienee useimmin kuorman takasivun keskivaiheilla, koska puun päiden syyt vapauttavat eniten kosteutta ja ovat näin kuivemmat kuin keskikohta. Optimaalinen korkeus on 1/2 metrin korkeudella alalaidasta, koska kosteus poistuu vaikeimmin alhaalta päällä olevan tavarankuivumuessa nopeammin. Sopiva näyteliuskan paksuus on noin 2 cm ja on huomattavaa, että sitä ei saa ottaa laudan päästä, vaan päästä on ensin sahattava noin 30 cm pois. Näyteliuskat tulee punnita heti sahauksen jälkeen 0,1 g:n tarkkuudella ja sen jälkeen panna välittömästi kuivumaan kuivauskaappiin, jossa lämpötila pidetään 105-110 °C välillä. Kuivuminen kestää 5-6 tuntia, minkä jälkeen kappaleet punnitaan uudestaan ja lasketaan kosteus. Laskuesimerkit on esitetty myöhemmin. (Surakka, T. 1970-80.)

2.8 Sähköinen puunkosteusmittari

Sähköisen puunkosteusmittarin käytössä on oltava erittäin varovainen, sillä se voi antaa hyvin helposti harhaan johtavan kuvan kuorman kosteudesta. Ensiksi on otettava huomioon, että useimmilla mittareilla mitta-alue päättyy noin 25-27 %:iin. Puun lämpötilalla on erittäin suuri vaikutus mittaustulokseen. Kaikkein suurin virhetekijä on kuitenkin puun epätasainen kosteus, sillä yleisimmin käytetty vastusmittari ilmoittaa sen märimmän alueen kosteuden, mihin elektrodin piikit ulottuvat. Tämän vuoksi mittarin käyttöä tulee harjoitella.

Oikein käytettynä sähköisestä mittarista on kuitenkin paljon hyötyä, koska sillä voi helposti mitata keskeneräisen kuorman kosteuden useasta kohdasta ja näin päätellä oikean ulosottohetken. (Surakka, T. 1970-80.)

2.9 Loppuhöyrytys

Jos tavara halkaistaan heti kuivauksen jälkeen, aiheuttavat kosteuserot ja pintajännitykset haitallisia muodonmuutoksia. Sen vuoksi on tällaiselle tavaralle suoritettava loppuhöyrytys: lämpö otetaan pois ja suhteellinen kosteus nostetaan mahdollisimman lähelle 100 %:ia 1-3 tunniksi, minkä jälkeen tavara saa olla sisällä joitakin tunteja. Tarkoituksena on, että tavaran kosteus nousee 1-2 %:a, joten tavara on vastaavasti kuivattava kuivemmaksi. Vientitavaralle ei ole tarpeellista suorittaa loppuhöyrytystä. (Surakka, T. 1970-80.)

2.10 Jäähdytys

Lämmin tavara halkeilee helposti, jos se vedetään suoraan ulos talvipakkasella. Tämä voidaan välttää antamalla kuorman jäähtyä kuivaamossa, työntämällä se erilliseen jäähdytyskatokseen tai peittämällä se suojapeitteillä. (Surakka, T. 1970-80.)

2.11 Kuivausajat

Kuivausaika riippuu monista eri tekijöistä, joihin kuivaamon hoitaja ei pysty vaikuttamaan, kuten ulkoilman lämpötilasta, tavaran alkukosteudesta ja puulajista. Näiden edellä mainittujen tekijöiden lisäksi, kuivaamonhoitaja pystyy kuitenkin nopeuttamaan tai hidastamaan kuivaus prosessia. Jonkinlaisena ohjenuorana voidaan kuitenkin sahatuoreen mäntytavaran vientiin pitää seuraavia lukuja taulukossa 1.

Taulukko 1 Kuivausajat

19-25mm	2 1/2 - 3 vrk
50 mm	4 1/2 - 5 vrk
63 mm	5 1/2 - 6 vrk
75 mm	6 -7 vrk

Kuusella vastaavat ajat ovat 10-15 % lyhyempiä ja koivulla taas noin 25 % pidempiä. (Surakka, T. 1970-80.)

2.12 Kosteuden säätö

Kosteutta säädetään ensisijaisesti ilmanvaihtopeltiä avaamalla ja sulkemalla. Tämän työn suorittaa automaattisesti pellinsäätömoottori säätökeskuksen toimintakäskyjen mukaan. Puhaltimen pysähtyessä sulkeutuvat pellit automaattisesti kuten lämmönsäätöventtiilikin.

Kosteuden säätö perustuu niin sanotun märän lämpötilan säätöön. Tuntoelin on sijoitettu kuivaa lämpötilaa ohjaavan tuntoelimen viereen, yhteiseen kytkentäkoteloon. Märkä tuntoelin pidetään kosteana kostutussukan avulla. Sukan kunnosta tulee huolehtia ja se tulee vaihtaa riittävän usein, koska säädön onnistuminen riippuu oleellisesti sukan kosteana pysymisestä.

Märän lämpötilan mittauksen toiminta perustuu tuntoelimen lämpötilan alenemiseen sen mukaan, kuinka voimakkaasti sukasta haihtuu kosteutta. Koska haihtuminen vaatii lämpöä, laskee sukan tuntoelimen lämpötila sitä enemmän, mitä enemmän sukasta haihtuu kosteutta. Toisaalta haihtuminen on sitä voimakkaampaa,

mitä kuivempaa ilma on. Jos ilman suhteellinen kosteus on 100 %, ei haihtumista tapahdu lainkaan. Tällöin märkälämpötila näyttää samaa lämpötilaa, kuin kuivan lämpötilan tuntoelin. Tällä perusteella on laadittu taulukko ilman suhteellisen kosteuden määrittämiseksi, kun tunnetaan kuiva ja märkä lämpötila.

Siinä tapauksessa, että märkä lämpötila ei pysy tarpeeksi ylhäällä, joudutaan käyttämään höyrytystä. Höyrytystä käytetään nostamaan märkää lämpötilaa, jos märkä lämpötila alittaa asetusarvonsa ja pellin todetaan olevan täysin kiinni. Paksua tavaraa kuivattaessa höyrytystä joudutaan yleensä käyttämään jopa yhtäjaksoisesti, jotta riittävä kosteus säilyy kuivaamossa. (Surakka, T. 1970-80.)

2.13 Lämpötilan säätö

Moottoriventtiilin toimintaa ohjaa tuntoelin, joka on sijoitettu puhaltimen alapuolelle siten, että se mittaa kiertosuunnasta riippumatta kuormaan menevän lämpötilan.

Lämmöntarve kohoaa joskus poikkeuksellisen suureksi, niin ettei moottoriventtiili pysty antamaan tarvittavaa lämpöä. Tällöin sitä voidaan auttaa raottamalla jonkin verran ohitusventtiiliä. Muulloin ohitusventtiilin tulee olla kiinni.

Moottoriventtiilin molemmilla puolilla on käsiventtiilit. Moottoriventtiilin hajotessa voidaan käsiventtiilit laittaa kiinni ja lämpöä säätää ohitusventtiilillä. Tällöin moottoriventtiili voidaan irrottaa ja viedä korjattavaksi sen keskeyttämättä kuivausta.

Jos kamari pysäytetään talvella pitkäksi aikaa tai kamarin ovia pidetään auki täytön takia, niin on vaara putkien ja patterin jäätymiselle. Tämä voidaan välttää raottamalla silloin ohitusventtiiliä. (Surakka, T. 1970-80.)

3 Kuivaukseen liittyvät laskut

1. Mikä on puun kosteus, kun tunnetaan märkápaino ja kuivapaino?(puusta on sahattu näyteliuskat ja niitä on kuivattu 5-6 tuntia 105-110 °C lämmössä).

$$\text{Kosteus} = \frac{\text{Märkápaino} - \text{Kuivapaino}}{\text{Kuivapaino}} * 100$$

Jos märkápaino on esimerkiksi 56,3 g ja kuivapaino 32,7 g, niin kosteus määritetään

$$\text{Kosteus} = \frac{56,3\text{g} - 32,7\text{g}}{32,7\text{g}} * 100 = 72,2 \%$$

2. Mikä on puun kuivapaino, kun tunnetaan märkápaino ja kosteus.

$$\text{Kuivapaino} = \frac{100 * \text{märkápaino}}{100 + \text{kosteus} \%}$$

3. Märkápainon ollessa 3491 g ja kosteuden ollessa 72,2 %, voimme laskea esimerkkinä kuivapainon

$$\text{Kuivapaino} = \frac{100 * 3491 \text{ g}}{100 + 72,2} = 2027 \text{ g}$$

4. Paljonko painaa edellinen koekappale määrättyssä loppukosteudessa 20 %.

$$\text{Paino} = \frac{(100 + \text{loppukosteus} \%) * \text{kuivapaino}}{100}$$

$$\text{Paino} = \frac{(100 + 20) * 2027 \text{ g}}{100} = 2432 \text{ g}$$

(Surakka, T. 1970-80.)

4 Vanha kuivaaja TEKMA

4.1 Laitteisto

TEKMA kuivaaja on 70 luvulla rakennettu kuivauslaitos. Ohjausyksikkönä toimiva mikroprosessoriohjainyksikkö OSY-3 on alkuperäinen ja muuta kalustoa on huollettu ja uusittu tarpeen mukaan ajan saatossa.

Ohjainyksikkö hoitaa kuivausprosessia täysin automaattisesti kuivaamon hoitajan määrittämin parametrein. Kuivaamon hoitaja asettaa kuivattavan tavarän vaatimuksien mukaan ohjainyksikön parametrit. Ohjattavina parametreina on kuiva ja märkä lämpötila, joille asetetaan halutut alku- ja loppulämpötilat. Lisäksi asetettavissa on haluttu kuivausaika ja hälytyslämpötila. (Surakka, T. 1970-80.)

Paneelista voidaan asettaa venttiilin- ja pellinohjaus automaatile tai ajaa manuaalisesti käsiajolla. Kuivauksen vaihe näytetään 0-100 % välillä. Kuivauksen vaihetta voi pyörittää käsin eteenpäin tai taaksepäin. Eli ohjelman suoritusvaihetta voidaan muuttaa kesken ohjelman suorituksen.

Ohjattavina laitteina ovat moottoriventtiili ja ilmansäätöpelti. Moottoriventtiili on Siemens Acvatix SKD82.50 ja pellinohjauksessa toimilaite on Sauter A44W2F020. Puhaltimen ohjaukseen on erikseen ohjauskeskus, josta puhallin on aina

käynnistettävä. Venttiilin ja pellin asennoista saadaan vain karkea tieto 0-130 ohm. Näihin tietoihin ei voida ohjauksia perustaa. (Surakka, T. 1970-80.)

4.2 Kuiva lämpötila

Kuivan lämpötilan ohjaamista varten ohjausyksikkö laskee ohjausarvon kuivalle lämpötilalle. Ohjausarvo saadaan halutun alku- ja loppulämpötilan väliltä suoraan kuluneeseen aikaan suhteutettuna. Ohjausyksikkö pyrkii pitämään kamarin lämpötilan ohjausarvossa avaamalla venttiiliä, jos ohjausarvo on suurempi. Päinvastoin, jos lämpötila kamarissa ylittää ohjausarvon, niin suljetaan venttiiliä. Ohjauksena ohjainyksikkö lähettää moottoritoimilaitteelle 24 VAC viestin. Venttiilissä on auki- ja kiinniliittimet ja ohjaus suunnataan sen mukaan halutaanko venttiili ohjata auki tai kiinni. Venttiilin ohjaus laidasta laitaan kestää 130 s, riippumatta ohjataanko venttiiliä auki tai kiinni. (Surakka, T. 1970-80.)

4.3 Märkä lämpötila

Märkää lämpötilaa ohjataan ainoastaan ilmanvaihtopellillä. Kamarissa ei ole käytössä höyrytysmahdollisuutta. Märän lämpötilan ohjausarvon laskeminen tapahtuu samoin kuin kuivan, suoraan annettujen alkulämpötilan, loppulämpötilan ja prosessin vaiheen mukaan. Pellin ohjaus kestää 120 s, eikä sekään riipu ohjaussuunnasta. Pellinohjauksessakin on käytettävä 24 VAC ohjaussignaalia. Märän lämpötilan säätö suoritetaan samalla tavalla kuin kuivan lämpötilan säätökin.

4.4 Säädin

Molemmissa kuivan ja märän lämpötilan säädöissä käytetään PI-säädintä. P-termi määräytyy erosuureen mukaan ja integraali pyrkii ajamaan erosuureen nollaan. PI-säätimen parametreja ei ole kerrottu, koska ohjainyksikön tekijä on halunnut ilmeisesti suojella niitä, eikä niitä pysty muuttamaan. Ohjaus suoritetaan 5 s sykleissä erosuureen mukaan. Maksimiohjauksella ohjaus pysyy koko 5 s päällä ja erosuureen pienentyessä lähenee nollaa. Lämpötilan ylittyessä ohjausarvo muuttuu kiinniohjaukseen ja kasvaa erosuureen mukaan taas kohti maksimiohjausta. (Surakka. T. 1970-80.)

4.5 Muu toiminta

Puhallin täytyy käynnistää erikseen ja puhaltimen pyörimissuunta vaihtuu neljän tunnin välein. Ohjain huolehtii vain pellin ja venttiilin ohjaamisesta.

Suunnanvaihdossa puhallin pysäytetään kolmeksi minuutiksi ja tämän jälkeen puhallin lähtee pyörimään eri suuntaan. Suunnanvaihdon aikana peltiä ja venttiiliä ohjataan kiinni. Näytteenotto kuivalle ja märälle lämpötilalle suoritetaan 5s sykleissä vuorotellen molemmille. (Surakka. T. 1970-80.)

5 Parannukset

5.1 Alkulämmitys

Puunkuivauksessa on tärkeää saada tavara lämpiämään läpikotaisin kuivauksen aloituslämpötilaan ennen kuin aloitetaan kosteuden poistaminen. Jos kosteutta aletaan poistamaan, kun tavara on lämmennyt vasta pintaosiltaan, niin vaarana on

puun syiden sulkeutuminen ja tällöin tavara ei kuiva sisäosiltaan. (Surakka. T. 1970-80).

Tästä seuraa lankkujen kieroön kääntyminen ja halkeileminen. Tämä ongelma voidaan välttää sopivalla alkulämmitysajalla, joka määräytyy tavaran varastointilämpötilan, ulkolämpötilan ja tavaran dimension mukaan. (Lehtomäki, I. 2014)

Ohjelmallisesti se saadaan toteutettua asettamalla operointinäytölle sopiva lämmitysaika ja ohjelman käynnistyessä lämpötila ajetaan tämän ajan aikana lineaarisesti kuivauksen aloituslämpötilaan. Tämän alkulämmityksen aikana pidetään kosteudenpoistopelti ehdottomasti kiinni. Näin estetään kosteuden poistuminen ja varmistetaan puun syiden pysyminen auki.

Vanha järjestelmä pyrki mahdollisimman nopeasti haluttuun kuivauksen aloituslämpötilaan, jolloin kamarin lämpötila saatiin nostettua mahdollisimman nopeasti, mutta tavaran sisäosien lämpötilasta ei ollut takuita. Nyt uuteen järjestelmään parannuksena saadaankin ohjelmallisesti laskettu nousukäyrä erikseen lämmityksen lämpötilan muutokselle ja kuivauksen lämpötilan muutokselle.

Ohjelmallisesti tämä toteutetaan operointipaneeliin syötettävän lämmitysajan ja kuivauksen aloituslämpötilan perusteella niin, että ohjelma laskee kuivauksen aloituslämpötilan sekä 20 °C erotuksen ja jakaa sen lämmitysajalla. Lämmitysajan edetessä lasketaan minuutin välein lämpötilan ohjausarvoa. Lämpötilan ohjausarvon nostaminen aloitetaan aina 20 celsiuksesta ylöspäin, koska tällä voidaan estää talvella putkien jäätyminen.

5.2 Patterien jäätymisen esto

Lämpöpatterien jäätymisen esto on suoritettu kahdella eri suojauksella.

Ensimmäinen suojaus sisältyy aloituslämpötilan ohjaukseen, jota aletaan nostamaan aina 20 celsiuksesta ylöspäin. Talvella kamarien täytön aikana lämpötila laskee pakkaselle ja kamarin käynnistyessä potkurit pyörittävät kylmää ilmaa kamarissa, jota vielä tehostaa jäässä oleva tavara (Lehtomäki, I. 2014). Tällöin on vaara patterin jäätymiselle, jos siellä on pieni kierto liian kauan.(Lehtomäki, I, 2014). Uudessa ohjelmassa jäätyminen estetään aloittamalla ohjauslämpötilan nostaminen aina +20 celsiuksesta ylöspäin, joten kuivauksen käynnistyessä ja lämpötilan ollessa lähellä nollaa tulee lämpötilaerosta niin suuri, että venttiili avaa suuren kierron patteriin nopeasti. Kylminä ajan jaksoina on kuitenkin suotavaa pitää käsiventtiilin kautta koko ajan pieni vesikierto patterissa. Ohjelma myös avaa pääventtiiliä, jos kamari ei ole käynnissä ja lämpötila kamarissa laskee jostain syystä nolnaan.

5.3 Valmistumisajan ilmoitus

Kuivauksesta valmistuvien tavaroiden kirjanpidosta huolehditaan edelleen samaan tyyliin kuin ennenkin. Aina kamarin täytön yhteydessä täytetään lappu, johon kirjataan tavaratiedot. Tietojen lisäksi kirjataan tavaratiedot kuivauksen aloitusaika ja valmistumisaika. Vanhalla menettelytavalla puuta kuivattiin päivän tarkkuudella. Nyt uudessa ohjelmassa kuivausaika määritetään tunteina ja ohjelma laskee minuutilleen valmistumisajan kamarin käynnistyksen yhteydessä.

6 Unitronics V570 ja I/O

Logiikaksi valittiin Unitronics V570. Suurin syy tähän oli integroitu näyttö ja helppokäyttöisyys. Riittävät ohjausmahdollisuudet takaavat erikseen ostettavat I/O

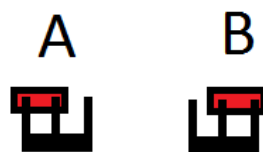
moduulit, jotka saadaan helposti kytkettyä. Lisämoduuli nimittäin kiinnittyy siististi laitteen taakse klipseillä. V570 logiikka asennetaan kaapin oveen niin että ainoastaan kosketusnäyttö jää näkyviin. Logiikka sisältää patterituetut muistialueet, joten ohjelman kriittiset tiedot saadaan säilytettyä sähkökatkojen ajan.

6.1 Lisämoduuli I/O V200-18-3EX

Lisämoduuli sisältää 18 eristettyä digitaalista tuloa, joista kahta voidaan käyttää tarvittaessa High speed counttereina. Tulot voidaan kytkeä joko PNP- tai NPN-tyyppisesti. Ulostuloja on 15 eristettyä PNP lähtöä ja 2 eristettyä PNP/NPN lähtöä, joita voidaan käyttää High speed lähtöinä. Lisäksi analogiatiedoille on 4 suojattua tuloa ja lähtöä, tulot voidaan myöskin konfiguroida PT100- tai TC-tuloiksi.

7 Logiikan kasaus ja testaus

Ensimmäinen työvaihe itse laitteiston parissa oli logiikkaan tutustuminen ja sen kasaus. Tarkoituksena oli saada lähdöt ja tulot toimimaan. Logiikkaan tuli liittää I/O moduuli V200-18-3EX, koska logiikka ei itsessään sisältänyt yhtään I/O:ta. Tässä vaiheessa täytyi jo osata asettaa jumpperiasetuksina logiikan analogiatulot oikein. Jokaista analogiatuloa kohti oli 3 jumpperia ja jumpperilla valittiin kolmesta nastasta kaksi jotka liitettiin yhteen (Kuvio 1). Esimerkiksi analogiatulot 1. j 2. valittiin pt-100 tiedoiksi asettamalla ensimmäiset kuusi jumpperia seuraavasti: A, A, B, A, A ja B



Kuvio 1. Jumpperiasetukset

7.1 Testaus

Logiikan testaukseksi oli asennettu unitronicsin Visilogic-ohjelma tietokoneelle. Ohjelmalla asetettiin logiikkaan rautapuolen asetukset. Ensimmäisenä asetettiin analogiatulo 1:sen pt100 tuloksi. Ohjelman lataamisen jälkeen kanavaan liitetty pt100 anturi näytti suoraan lämpötila-arvon analogiatuloon asetetussa muistipaikassa.

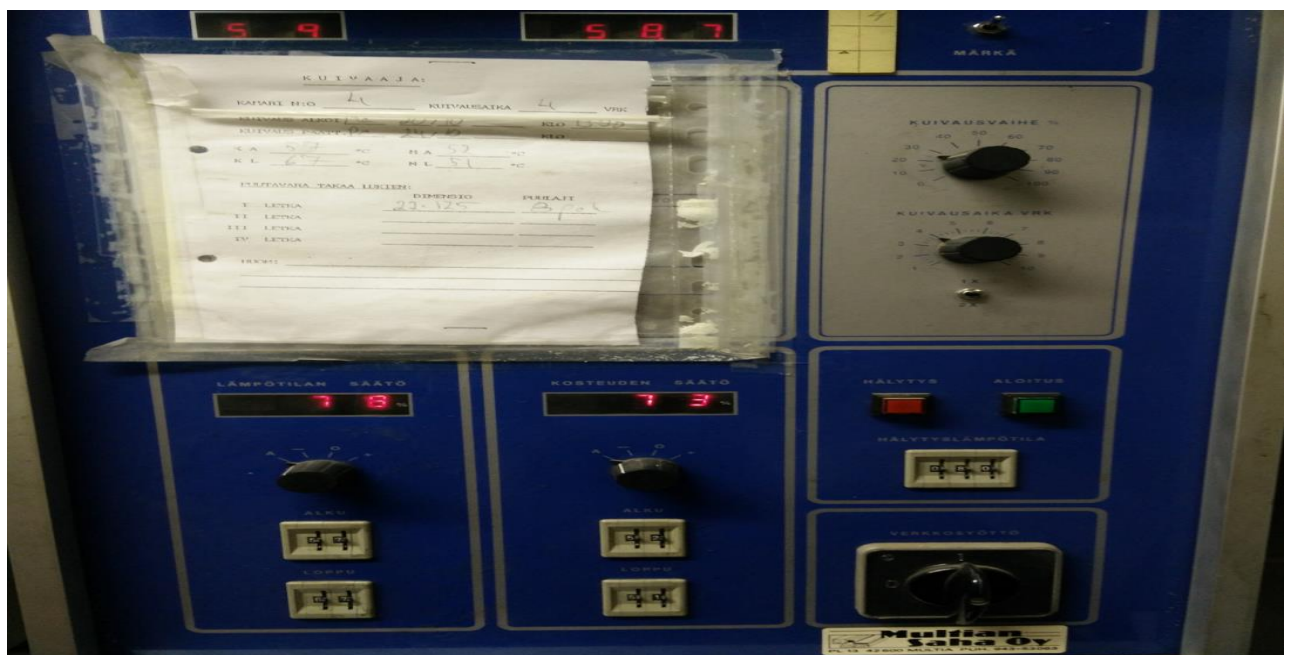
Muistipaikassa näkyvä arvo näytettiin yhden desimaalin tarkkuudella ja 12 asteen lämpötilaa muistipaikassa vastasi arvo 120. Käyttöliittymäpuolella pystyttiin suoraan määrittämään näytettävän arvon koko ja kuinka monta viimeistä numeroa asetetaan pilkun oikealle puolelle. Analogiatulojen 3 ja 4 testaus hoidettiin testaamalla 4-20 mA säädettävää virtaviestiä kanavassa. Muistipaikan arvon vaihdeltua järkevästi virran mukaan todettiin analogiatulojen olevan kunnossa.

Viimeisenä testattiin vielä logiikan digitaalinen I/O. Testaamiseen tehtiin pieni ohjelma, jossa tulopuolen kytkin sytyttää lähtöpuolen ledin. Työssä ei tarvittu analogialähtöjä, joten niiden testaukselle ei ollut tarvetta.

8 Käyttöliittymä

8.1 Vaatimukset

Käyttöliittymän sisällön määrittävänä tekijänä toimi vanhan ohjausyksikön ovi (Kuvio 2), josta löytyi kuivauksen aloitustietojen asetukseen ja käsiohjauksiin käytettävät



Kuvio 2. Vanha ohjauspaneeli

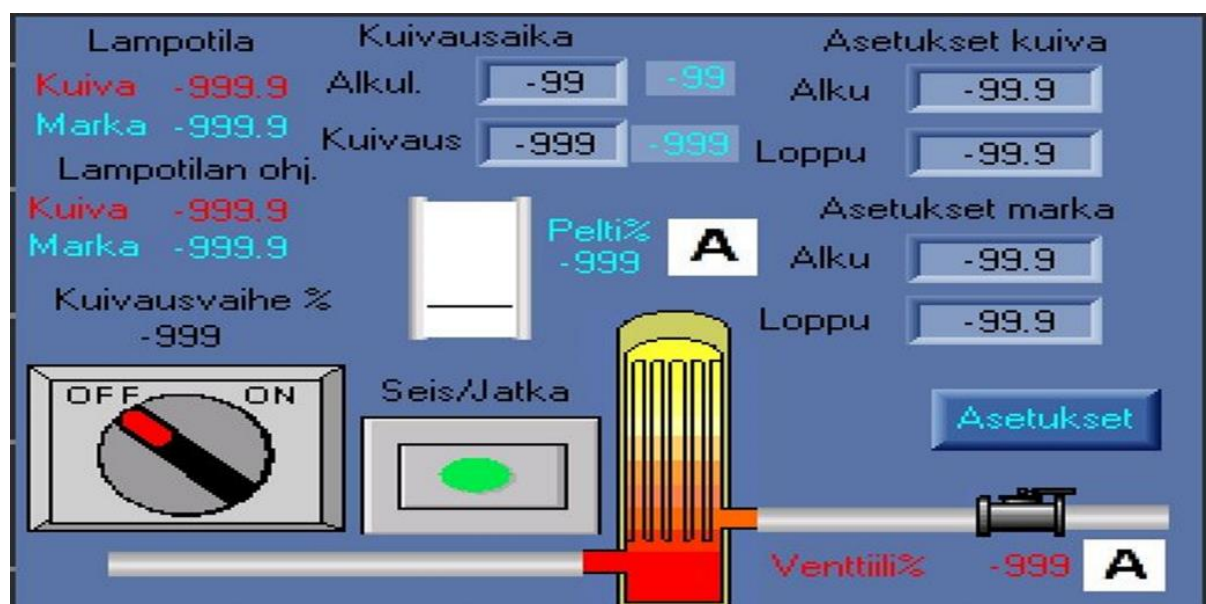
painikkeet. Logiikan käyttöliittymästä tuli löytyä vastaavat/korvaavat painikkeet vaivattomasti.

Näytöllä täytyi olla näkyvissä kamarissa vallitsevat kuiva- ja märkälämpötilat sekä niiden ohjauslämpötilat. Kuivausprosessin ohjausta varten tuli olla asetusarvot: lämmitysaika, kuivausaika, alkulämpötila kuivalämpötilalle, alkulämpötila märkälämpötilalle, loppulämpötila kuivalämpötilalle ja loppulämpötila märkälämpötilalle. Käynnistämiseksi täytyi olla kytkin ja asetusarvoja tuli pystyä

muuttamaan ajon aikana. Hälytyslämpötilaa ei koettu kovin tärkeäksi, mutta mahdollisen venttiilin jumiutumisen kannalta on hyväksi puhaltimen hätäpysäytys, ettei tavara pääse halkeilemaan liiasta kuumuudesta. Lisäksi venttiilin ja pellin käsiajon täytyi olla mahdollista ja niiden asentotiedot tuli olla nähtävissä. (Hiltunen, P. 2014.)

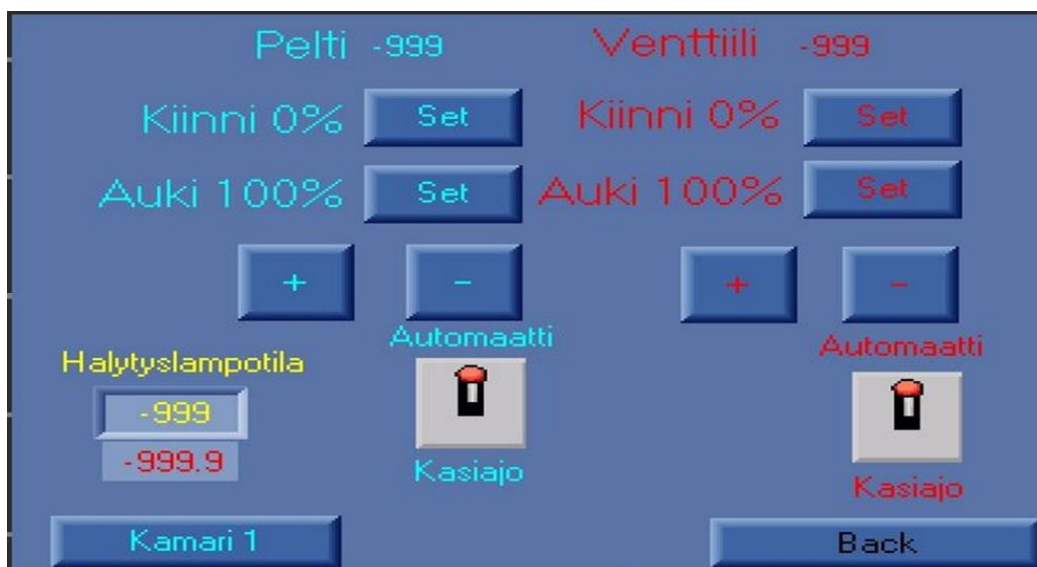
8.2 Toteutus

Käyttöliittymän komponenteille määritettiin muistipaikat ja niillä pystyttiin joko vaikuttamaan muistipaikkaan tai näyttämään muistipaikan arvo. Muutaman kuvan piirsin itse Paint-ohjelmalla ja käytin niitä havainnollistamaan esim. pellin aukeamista ja venttiilin tai pellin automaatti-/käsiajotilaa. Loin Seis/Jatka kytkimen, jotta ohjelma voitaisiin keskeyttää esim. parametrien vaihtamista varten ja jatkaa ohjelmaa pysäytyskohdasta. Kuivausvaihe on nähtävissä kuluneena lämmitysaikana, kuluneena kuivausaikana ja kuivausvaihe prosenttina. Kuivaan lämpötilaan liittyvät kuivalämpötila, kuivalämpötilan ohjausarvo ja venttiilin asentotieto on merkitty kuvaavasti punaisella värillä. Vastaavasti märkälämpötilaan liittyvät lämpötilat ja pellin asentotieto ovat merkitty sinisellä värillä. (Kuvio 3).



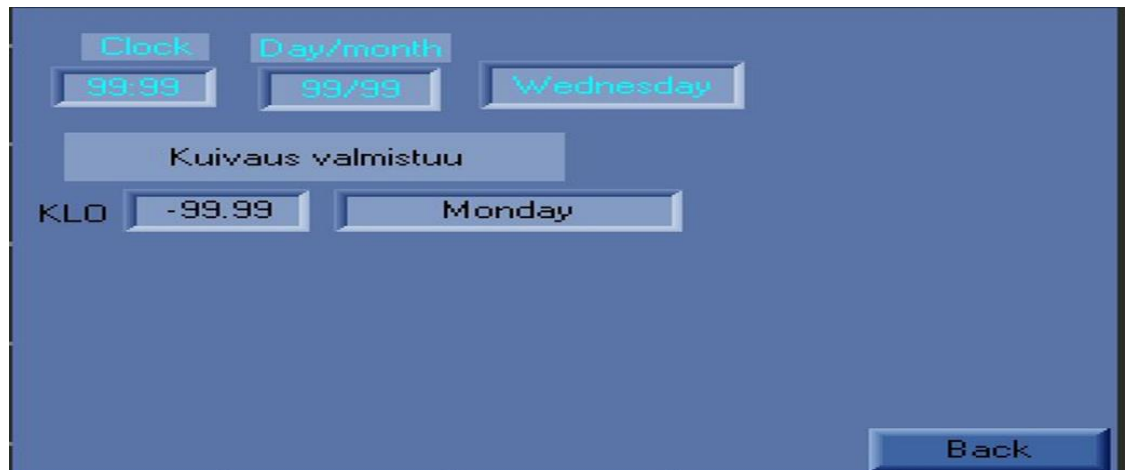
Kuvio 3. Päänäyttö

Asetukset-välilehden (Kuvio 4) loin käyttöliittymään, jotta venttiiliin ja pellin kalibrointi huoltojen jälkeen on mahdollista. Lisäksi tältä välilehdeltä päästään käsiksi hälytyslämpötilaan ja voidaan ajaa käsiajolla venttiiliä tai peltiä. Hälytyslämpötila on vaihdettavissa ja ohjelma pysäyttää puhaltimen lämpötilan noustessa hälytyslämpötilaksi asetetun arvon yli.



Kuvio 4. Asetukset

Yksi välilehti on myös valmistumisaikaa varten (Kuvio 5), koska se ei mahtunut muille välilehdille. Ohjelman käynnistämisen jälkeen voidaan kyseiseltä välilehdeltä käydä tarkistamassa valmistumisen viikonpäivä ja kellonaika. Tämä helpottaa huomattavasti, ettei tarvitse asetetuista tunneista laskea paljonko kello on kun kamarin kuivaus on valmis. Lisäksi voidaan tehdä tarvittavat muutokset ohjelmaan, jotta se valmistuisi haluttuun aikaan.



Kuvio 5. Valmistuminen

Operaattorin hutilointia ja näytön säästöä varten loin erillisen näytönsäästö välilehden (Kuvio 6). Ohjelma lataa kuvan näytölle ja pimentää kuvan, jos näyttöä ei kosketeta tuntiin. Kun näyttö on pimeänä ja sen halutaan taas käynnistyvän, niin näyttöä täytyy koskettaa jolloin näyttö syttyy. Tässä vaiheessa olisi mahdollisuus esim. sammuttaa ohjelma, jos alla olisi päänäyttö ja satuttaisiin osumaan juuri käynnistyskytkimeen. Nyt kosketus sytyttää näytön, jonka jälkeen 1,5 sekunnin viiveellä ladataan päänäyttö näkyviin.



Kuvio 6. Näytönsäästäjä

9 Sääto

9.1 PID

Kuiva- ja märkälämpötilan säätöä varten täytyi ohjelmaan asettaa säätäjä, joka huolehtisi lämpötilojen pysymisestä asetusarvoissaan (Hiltunen, P. 2014). Visilogic-ohjelmasta löytyy säätöjä varten erillinen säätökomponentti, johon voidaan itse asettaa PID parametrit (kuvio 8). Näistä voidaan myös jättää joku kokonaan nolleen, jos halutaan.

Säätimelle täytyi määrittää sen ulostulon yläraja, ulostulon alaraja, P-parametri, I-parametri, D-parametri, sisääntulon yläraja, sisääntulon alaraja ja prosessin arvo eli tässä tapauksessa lämpötila. Tämän jälkeen säätäjä antaisi ulos annettujen rajojen sisällä pysyvän arvon, joka pyrki reagoimaan prosessin lämpötilan vaihteluun.

Vanhassa järjestelmässä venttiilin ja pellin ohjausarvot muuttuvat 5 sekunnin välein ja ohjausarvon ollessa maksimissa avautuu venttiili koko viiden sekunnin ajan (Surakka, T. 1970-80).

Näin suurella ohjauksella saadaan lämpötila muuttumaan mahdollisimman nopeasti, mutta ohjauksen vaste jää todella heikoksi. Ohjattaessa venttiiliä esimerkiksi maksimissaan 2,5 sekuntia 5 sekunnista saadaan venttiili aukeamaan puolet hitaammin ja säädin kerkeää todennäköisemmin reagoida lähestyvään ohjauslämpötilaan niin, että yliheittoa ei tule liikaa. Yliheiton jäädessä sopivaksi saadaan lämpötilat ohjattua seuraamaan toisiaan eikä lämpötila jää värähtelemään ohjausarvon ympärille.

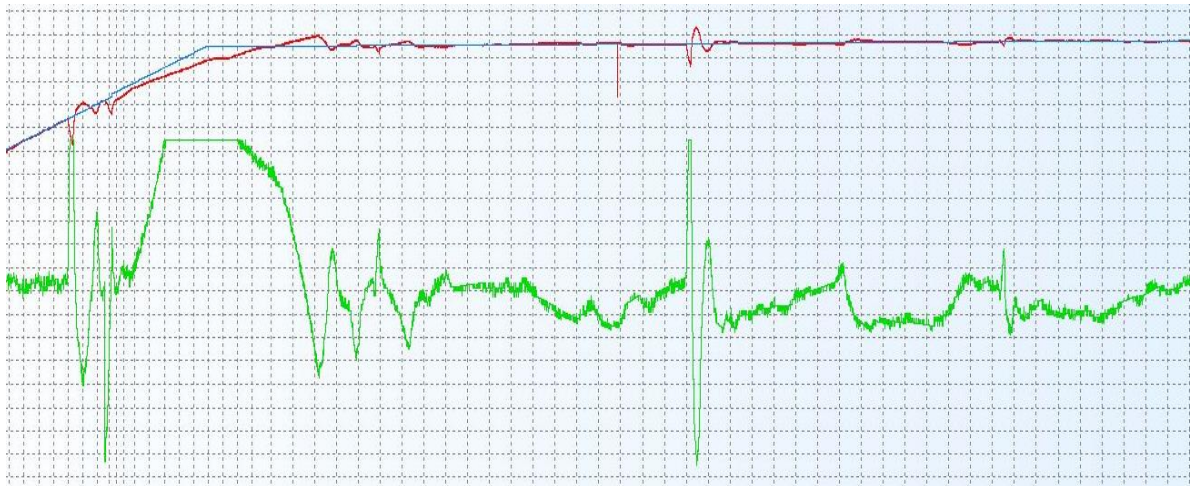
Testien ja tuumimisen jälkeen päädyin käyttämään pulssinleveysmodulaattoria ohjauksen hidastamisessa. Itse toteutin ohjauksen päivityksen 10 sekunnin sykleissä niin, että syklistä voitiin venttiiliä ohjata maksimissaan 3,5 sekuntia.

Parametrien viritykseen oli erillinen ohjelma, joka määrittäisi PID-parametrit. Kamari kytkettiin järjestelmään kiinni ja ohjelma käynnistettiin. Säättäjä sai ohjata kamaria suoraan pulssinleveysmodulaattorin kautta. Ohjelmasta voitiin valita erikseen 2- tai 4-portainen askelvastekoe ja sen tuli määrittää prosessille parhaiten sopivat PID-parametrit.

Määritettyäni parametrit useampaan otteeseen ja todettuani niiden toiminnan liian heikoksi, päätin jättää D-parametrin käytön pois. Kyseessä oli erittäin hidas prosessi, joten D-parametri aiheutti epävakautta yrittäessään reagoida lämpötilan muutoksiin. Pienentämällä P- parametria saatiin järjestelmä reagoimaan voimakkaammin lämpötilojen eroon ja I-parametrin arvolla vaikutettiin aikaan, jossa järjestelmä pyrki vakauttamaan itsensä ohjausarvoon.

Testaamalla sain parhaimmat arvot järjestelmälle. Lämpötilan säädöstä tuli tarkka ja se pystyi seuraamaan lämpötilaa, mikäli laitteiston kapasiteetti riitti. Toisin sanoen kuivauksia seurattessani huomasin lämpötilan jäävän joskus alle asetusarvon vaikka venttiiliä oli ohjattu viimeinen pari tuntia auki, mutta tämä johtui vain liian alhaisesta patteritehosta kyseisessä kuivauksen vaiheessa.

Alkulämmityksiin lämpötilan säätö toimi loistavasti, koska pelti oli auki ja lämpöä ei hukkunut haihtuvan veden mukana taivaalle. Kuviosta 7 nähdään lämpötilan käyttäytyminen lämmityksen aikana. Voimme huomata lämpötilan värähtelyjä muutamassa kohdassa, koska puhallin vaihtaa neljän tunnin välein pyörimissuunnan. Lämpötila kuitenkin löytää nopeasti asetusarvonsa, joten kuivaus pysyy tehokkaana ja tasaisena.



Kuvio 7. Kuivauskäyrä: Lämpötila (punainen), ohjausarvo (sininen) ja ohjaus (vihreä).

PID Auto-tune Configuration Parameters

Name:

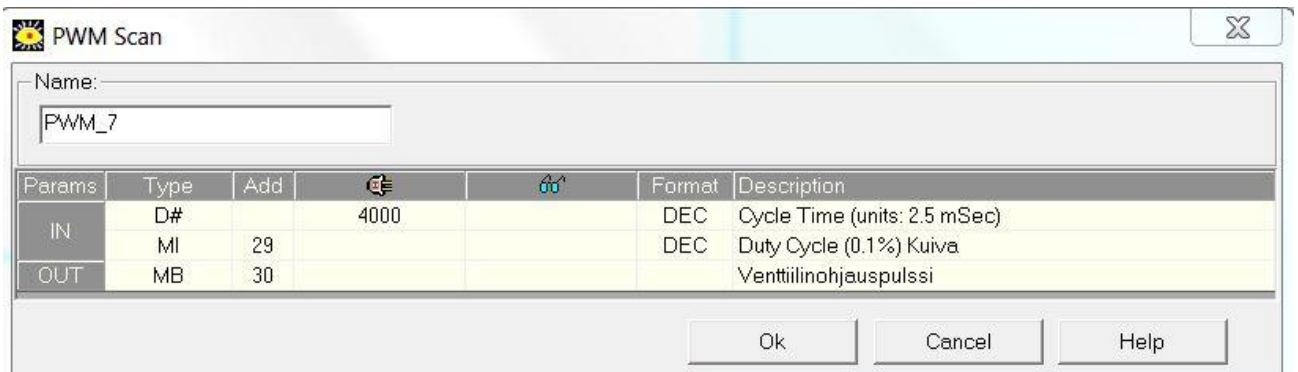
Params	Type	Add			Format	Description
IN	MI	50			DEC	Lämpötilan ohj. KUIVA
	MI	0			DEC	PT100_Kuiva
	MI	100	50		DEC	Venttiili (P gain)
	MI	101	50		DEC	Venttiili (I gain)
	MI	102	0		DEC	Venttiili (D gain)
	MI	103	1000		DEC	PID: Sample Time - defined in units of 10 mSec. Recomm
	MB	9	0			PID: Action: 0: Reverse(Heating-default) 1: Direct(Cooling);
	MI	104	-500		DEC	PID: Input Range - Process Value Low limit
	MI	105	900		DEC	PID: Input Range - Process Value High limit
	MI	106	-350		DEC	PID: Output Range - Control Value Low limit
OUT	MI	107	350		DEC	PID: Output Range - Control Value High limit
	MI	108			DEC	PID: Control Value - the PID output
	MI	109			DEC	PID: PID Status
	MI	110			DEC	Auto-tune parameters, 32 Mls - 1 of 32

Ok Cancel Help

Kuvio 8. PID

9.2 PWM

PWM eli pulse width modulation voidaan suorittaa Visilogic-ohjelman PWM-säätäjällä. Asetin pwm-säätäjälle vakioarvon 4000, joka antaa ohjauksen syklin ajaksi 10 sekuntia. Muistipaikasta MI29 saadaan PID-säätimen antama ohjausarvo, joka on 0 ja 350 välissä. PWM-säädin tulkitsee arvon 350 täytenä ohjauksena, jolloin ulostulo MB30 on 3,5 sekuntia päällä kymmenen sekunnin syklistä (Kuvio 9). Tällä saatiin säätöä hieman hidastettua entisestään ja venttiili tai pelti eivät reagoi liian nopeasti. Venttiilin ohjaaminen täysin kiinni-asennosta täysin auki-asentoon kestää 130 sekuntia, jos ohjaus on jatkuva +24VAC. PWM-säätäjän rytmityksen takia tämä aika venyy 370 sekuntiin, joka tarkoittaa ettei lämpötilan reagoidessa ohjaukseen venttiili välttämättä ole ehtinyt aueta vielä täysin auki. Tämän ansiosta prosessi saadaan stabiilimmaksi ja lämpötila pysyy tarkemmin ohjausarvossaan.



Kuvio 9. PWM

10 Kuivausohjelma

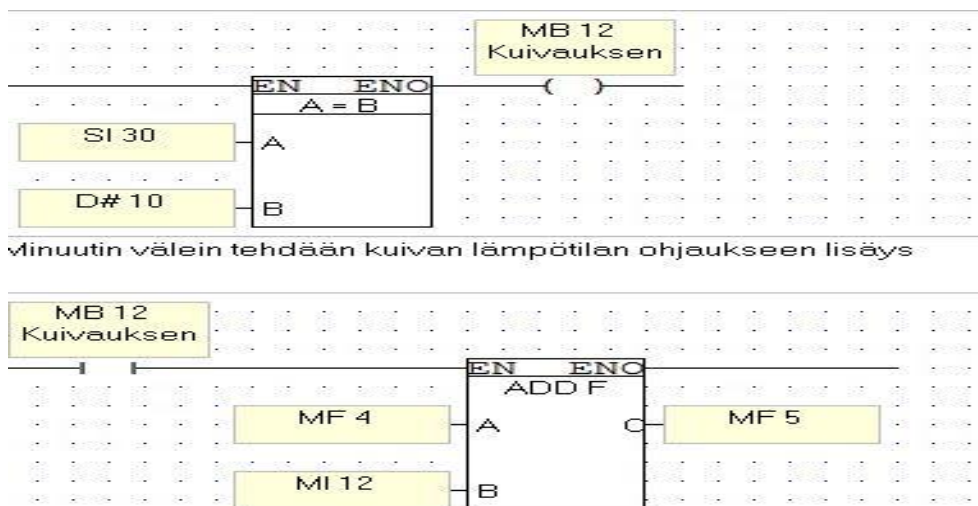
10.1 Ohjelmarakenne

Luomani visilogic-ohjelma kuivaukseen sisältää 8 ohjelmaa, joista yksi on pääohjelma. Pääohjelma pyörii ylhäältä alaspäin ja suorittaa rivin kerrallaan koodia. Aliohjelmille on tehty ehdot, joiden täytyessä siirrytään suorittamaan aliohjelmaa. Aliohjelmia ovat: lämmitys (Liite 1), kuivaus (Liite 2), lopetus (Liite 3), lepo, odotustilan ohjaukset, asetukset ja kuivausvaihe.

Alkulämmitys aliohjelmaa käytetään kuivauksen alkaessa. Tässä aliohjelmassa ohjausarvo määräytyy lämmitysajan ja halutun kuivauksen aloituslämpötilan mukaan, lämmityksen aikana 20 celsiuksesta haluttuun kuivauksen alkamislämpötilaan. Lämmitysajan kuluttua loppuun lämmitys on suoritettu ja pääohjelma siirtyy aliohjelmaan kuivaus. Kun haluttu ohjelma-aika on kulunut loppuun suoritetaan lopetus, jonka aikana sammutetaan puhallin ja ajetaan venttiili ja pelti kiinni.

Kuivaus-aliohjelma on käytössä suurimman osan ajasta kuivausprosessin aikana. Aliohjelma suorittaa koko ajan tarkkaa ohjausta sekä kuivalle, että märälle lämpötilalle. Lisäksi mahdollisuuksina on, niin kuin muissakin ohjelman vaiheissa, venttiilin ja pellin käsiohjaukset.

Ohjauslämpötilaa kuivalle sekä märälle lämpötilalle päivitetään minuutin välein. Logiikan sisäinen kello "SI 30" laskee jatkuvasti sekunteja 0-60. Ohjelman ehto täyttyy minuutin välein, kun muistipaikassa (SI 30) näkyvä kello on laskenut kymmeneen. Ehto täyttyessään asettaa bitin "MB 12" ykköseksi, jolloin saadaan lupa laskea yhteen muistipaikat "MF 4", "MI 12" ja asettaa summa muistipaikkaan "MF 5"(Kuvio10).



Kuvio 10. Lämpötilan ohjauksen kasvattaminen.

Pid-säädin hoitaa venttiilin ja pellin ohjausta, mutta sen toimintaa on hidastettu pulssinleveysmodulaattorilla PWM. säätimen ohjausarvon mukaan pulssinleveysmodulaattori pitää lähtönsä päällä 0 - 3,5 sekuntia kymmenen sekunnin pulssista. Säätimen antamasta ohjauksesta myös tunnistetaan onko ohjaus positiivinen vai negatiivinen ja sen mukaan ohjaus suoritetaan auki tai kiinni. Ennen ohjausta suoritetaan vielä tarkistukset ohjaamisen sallimiselle, jotta välttyään virheohjauksilta. (Liite1)

11 Lopputulokset

Lopputuloksena saatiin nykyaikaisempi, tarkka, toimiva ja helposti huollettava ohjausyksikkö. Uudet ohjausyksiköt ovat pienempiä ja päällisin puolin siistimpiä, kuin vanhat.

Helpomman huoltamisen takaavat yksinkertaistettu ohjauskaapin sisusta, jossa yksittäiset elektroniikkakomponentit on korvattu logiikalla, virtalähteillä, ohjausreleillä, automaattisulakkeilla ja virtaviestimuuntimilla. Uusista

komponenteista on helpompaa havaita vikaantumisen ja vaihtaminen onnistuu helposti kiskokiinnityksen johdosta.

Lämpötilan seuraaminen onnistuu vähintäänkin yhtä tarkasti ja vakaasti vanhaan verrattuna. Lisäksi ohjauslämpötilojen muutokset ovat tarkempia, koska vanha käytti yhden celsiusasteen tarkkuutta ja nykyinen säätää 0,1 celsiusasteen tarkkuudella.

Vanhaan verrattuna lämmitys on tullut uutuutena mukaan, se mahdollistaa paremmin onnistuvan kuivauksen, vähentää halkeilua ja näin parantaa myyntiin menevän tavaran laatua. Vanhan nostaessa lämmöt heti täysillä ylös ja avatessa kosteudenpoistopellin, puiden kuivuminen sisäosilta saattoi jäädä heikoksi ja valmistumisen kanssa täytyi olla tarkkana. Lisäksi lankkujen halkeiluriski on lämmityksen myötä nyt huomattavasti pienempi.

11.1 Jatkomahdollisuudet

Logiikkaohjauksen ansiosta kamarikuivauksen kehityksen jatkomahdollisuudet ovat nyt laajalti auki. Mahdollisuuksia ovat kuivaustietojen kerääminen verkon yli, kuivaus asetusten operointi esimerkiksi puhelimella ja taajuusmuuttajien lisääminen puhaltimille.

Kuivaustietojen kerääminen sähköisesti helpottaisi paljon tiedonhallinnassa. Logiikassa onkin mahdollisuus esimerkiksi tietotaulukoiden luominen ja niiden siirtäminen lähiverkon yli excel-tiedostoon. Parannuksena voisi olla esimerkiksi: Kamarissa kuivattujen erien tiedot tallennetaan taulukkoon ja ohjelma luo joka kuukausi lähiverkon yli excel-tiedoston jokaisen kamarin kuivaamista eristä. Logiikassa olevan verkkokortin ansiosta mahdolliset pilven kautta suoritettavat etäohjaukset voisivat helpottaa kamarinhoitajan työtehtävää ja työaika kului vähemmän liikkumiseen.

Taajuusmuuttajilla olisi mahdollista kehittää kuivauksesta vähemmän energiaa kuluttavaa ja puhaltimien suunnanvaihtoista saataisiin kamarikohtaisia ja muokattavia. Hyötyjä kamarikohtaisesta suunnanvaihdosta olisi varsinkin Multian Kaukolämpö Oy:lle. Kamareiden suunnanvaihdon tapahtuessa kerralla kuudessa kamarissa kerkeää lämpölaitoksen kulutus pudota noin puoleen normaalista ja laitos alkaa pienentää energiantuottoaan. Kamareiden puhaltimien käynnistyessä uudelleen suunnanvaihdon jälkeen, lämpölaitos on ehtinyt pienentää energiantuottoaan ja kulutus on paljon tuottoa suurempi. Suunnanvaihdon muuttuessa kamarikohtaiseksi vakauttaisi se huomattavasti lämpölaitoksen toimintaa ja vähentäisi energiankulutuksen heittelyistä johtuvia haittoja.

LÄHTEET

edu.fi. Puutavaran kuivaus. Oppimateriaalit puutavaran ensijalostukseen. Viitattu 15.11.2014.

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/ensijalostus/puutavaran_kuivaus/etusivu.html

Hiltunen, P. 2014. Kunnossapitopäällikkö. Multian Saha Oy. Haastattelu 20.5.2014.

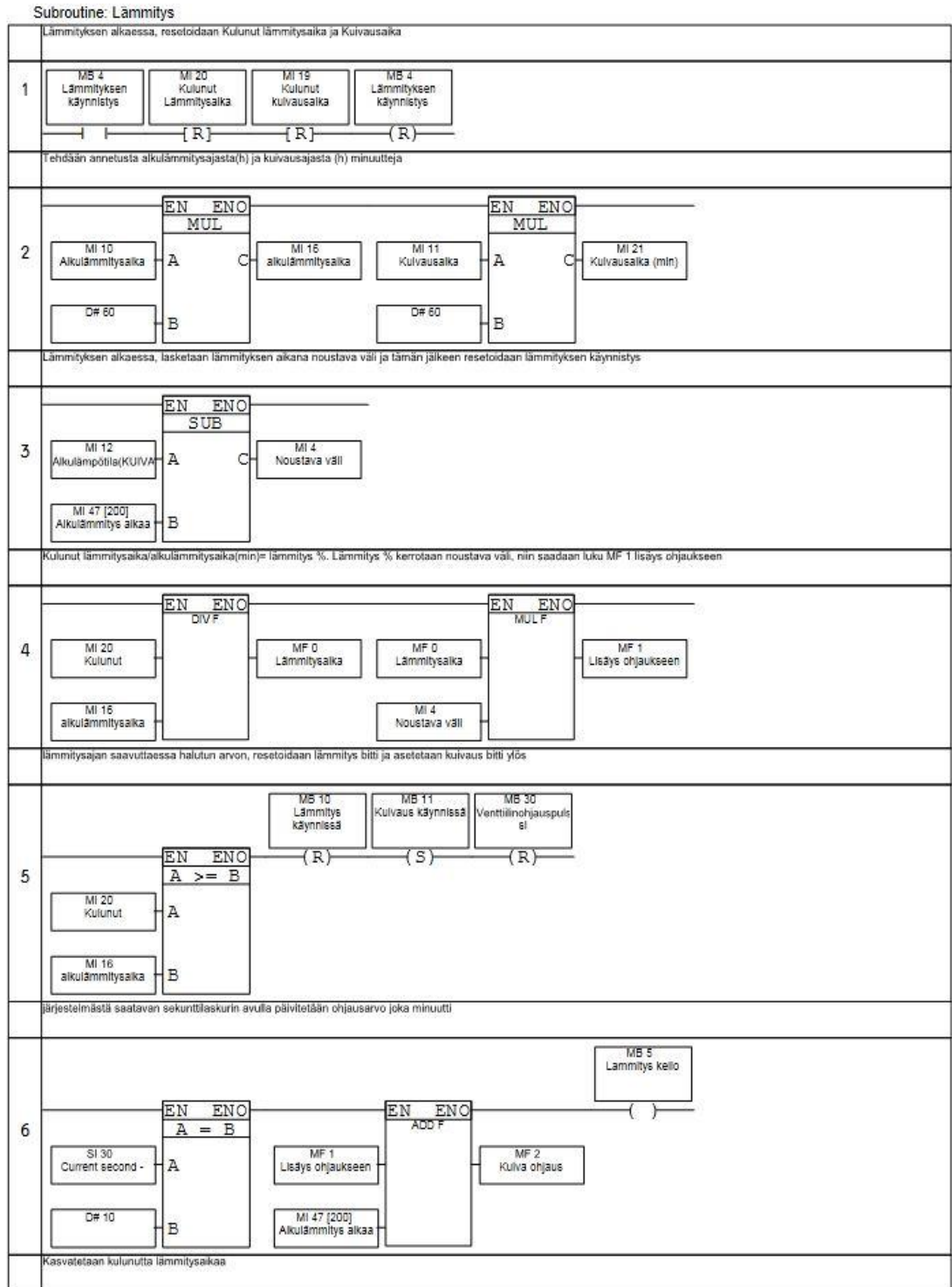
Lehtomäki, I. 2014 Tuotantopäällikkö. Multian Saha Oy. Haastattelu 27.5.2014

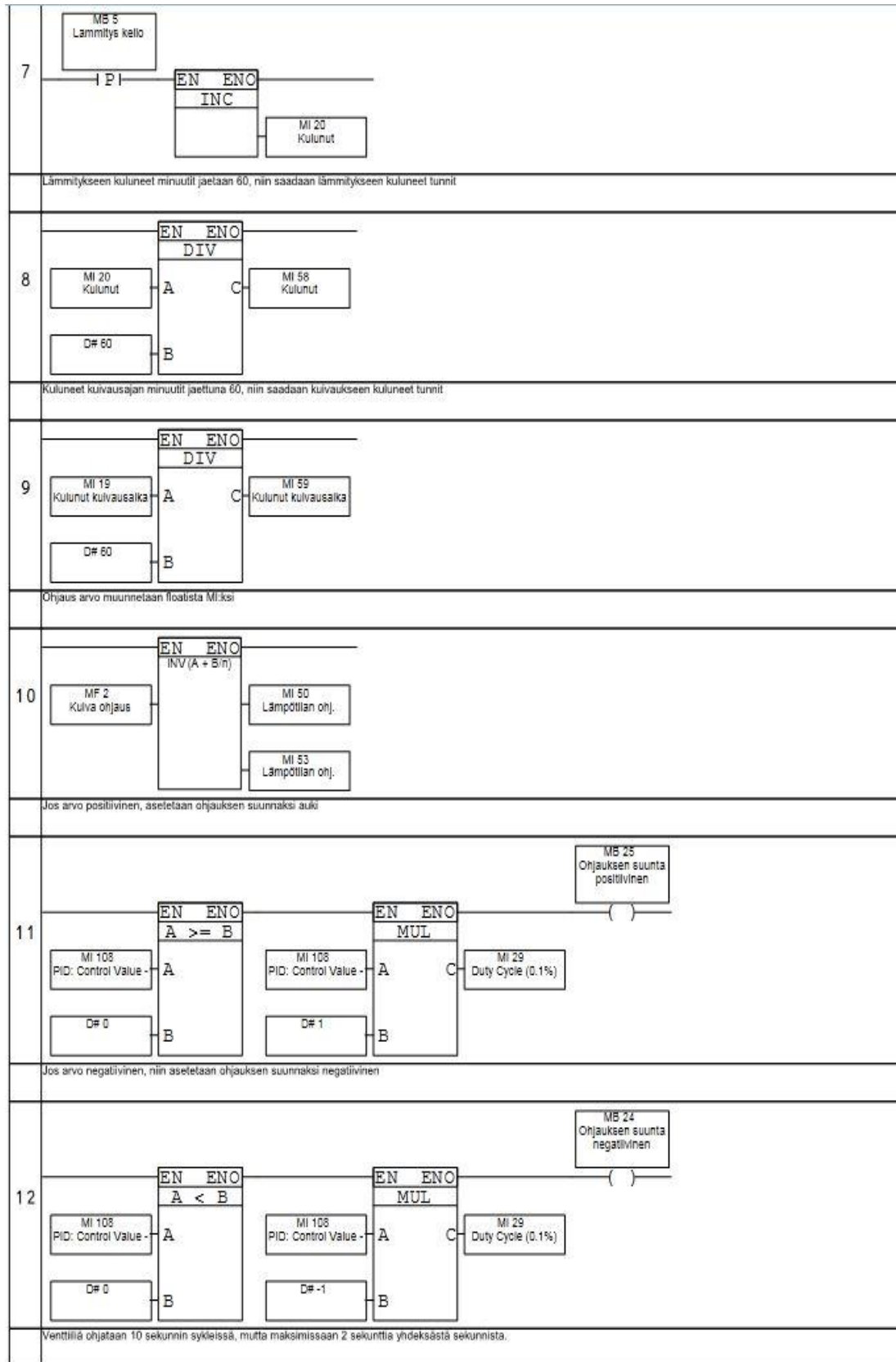
Surakka, T. Muistio 1970-80. Andor Oy. Asiakirja Multian Saha Oy:n kuivausjärjestelmä kansioissa.

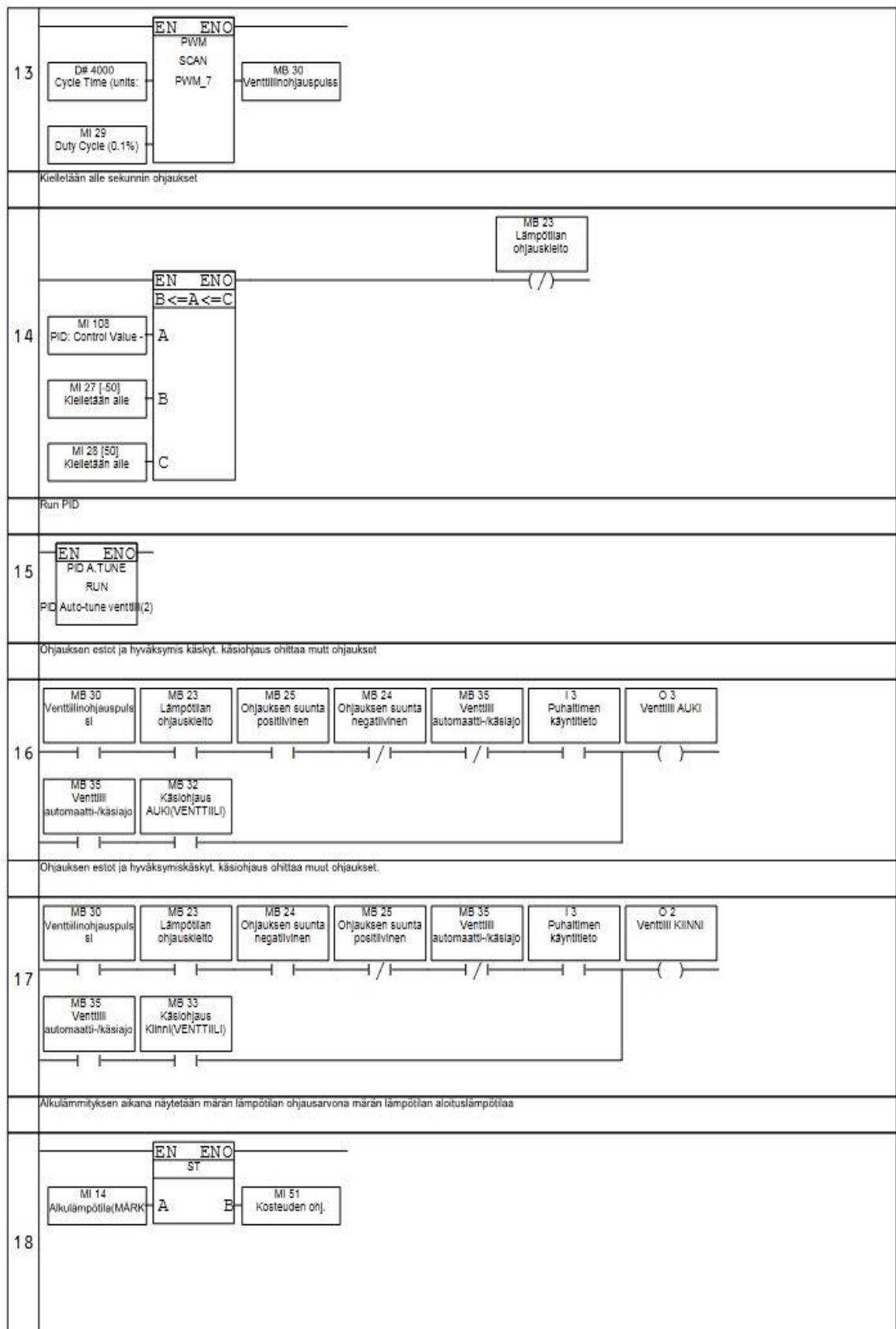
Visilogic: Ladder programming software manual rev: 3:00. DVD. Multia: Multian Saha Oy.

Liitteet

Liite 1. Ohjelmakoodi: Lämmitys

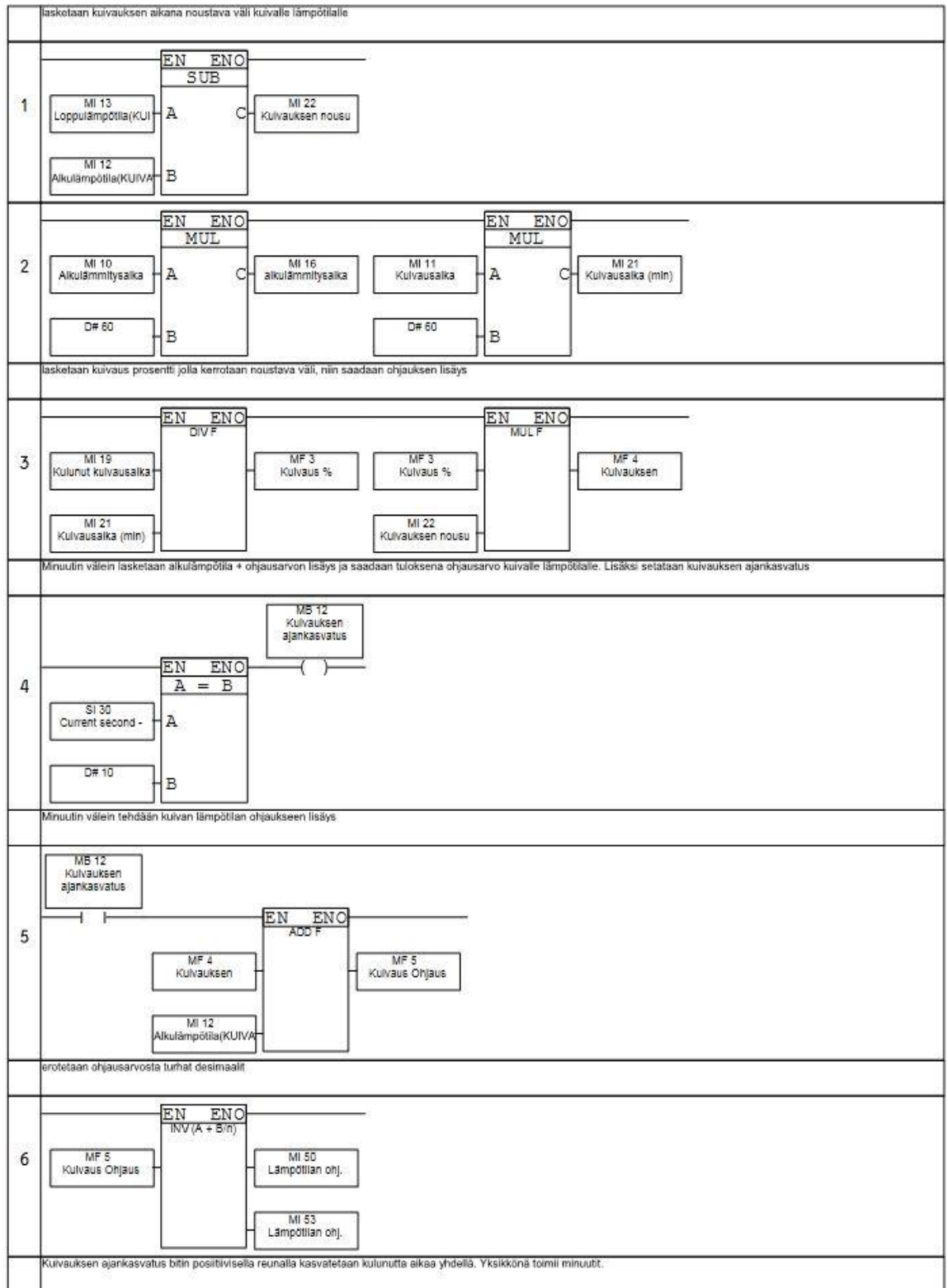


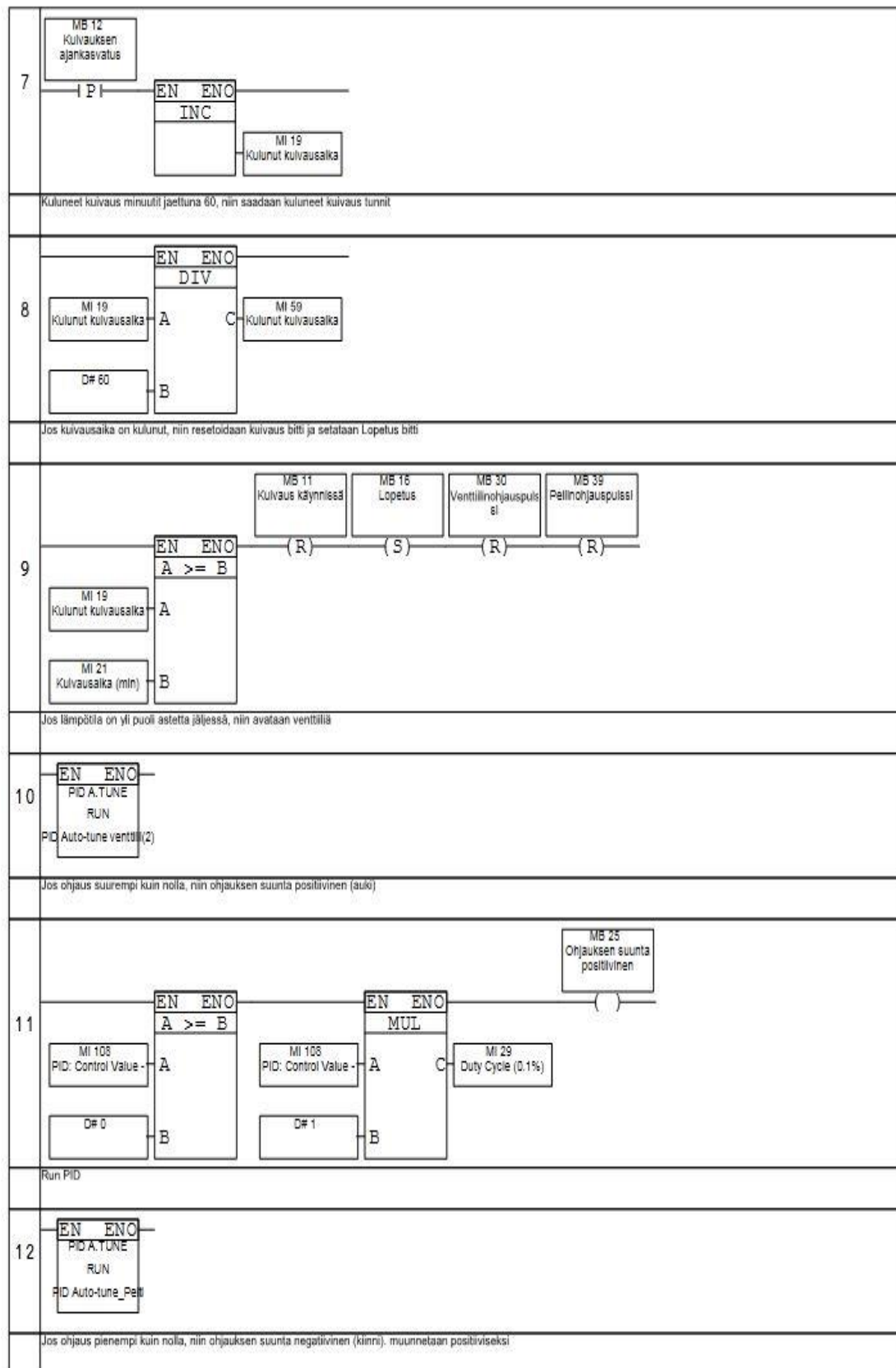


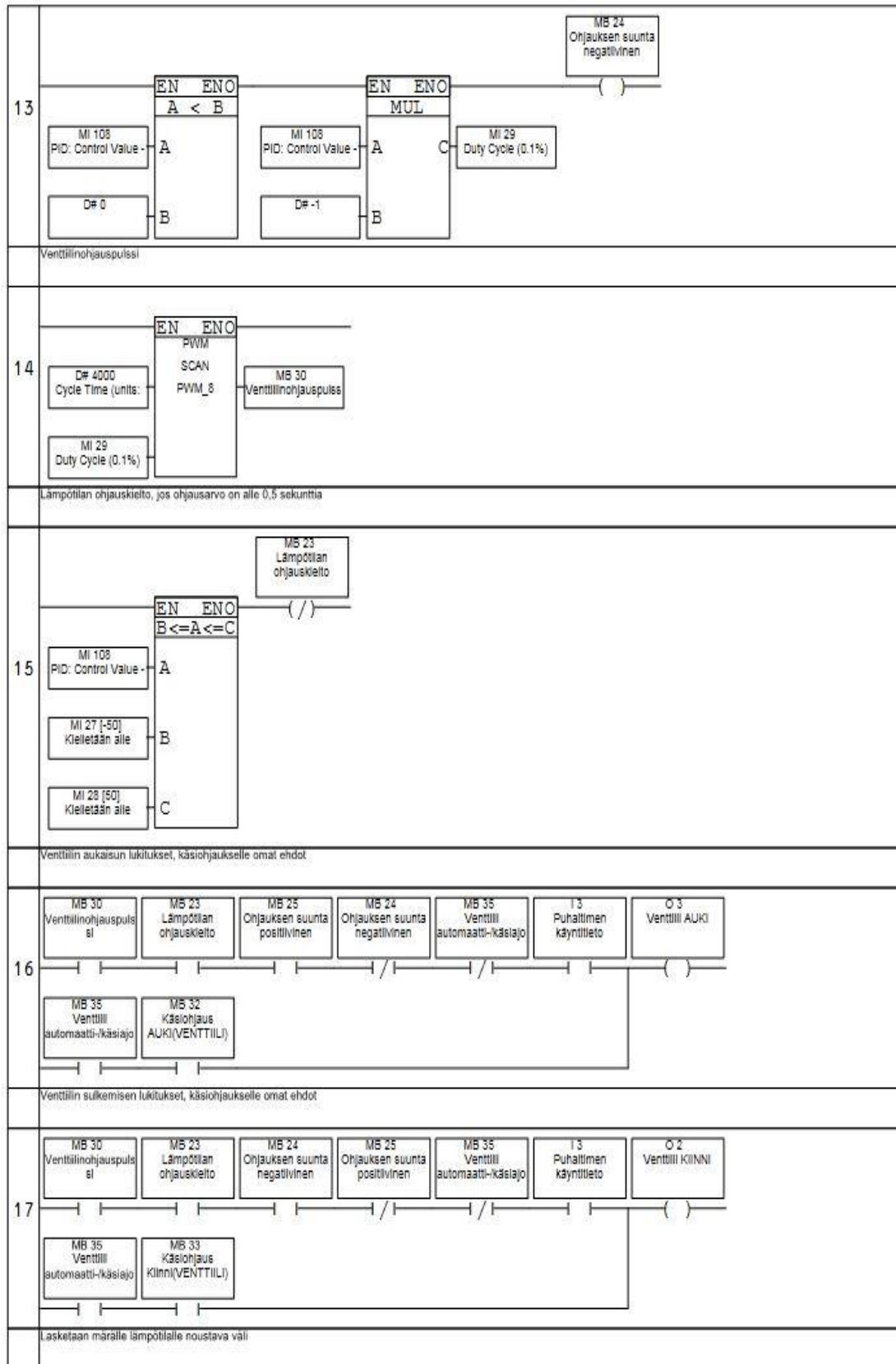


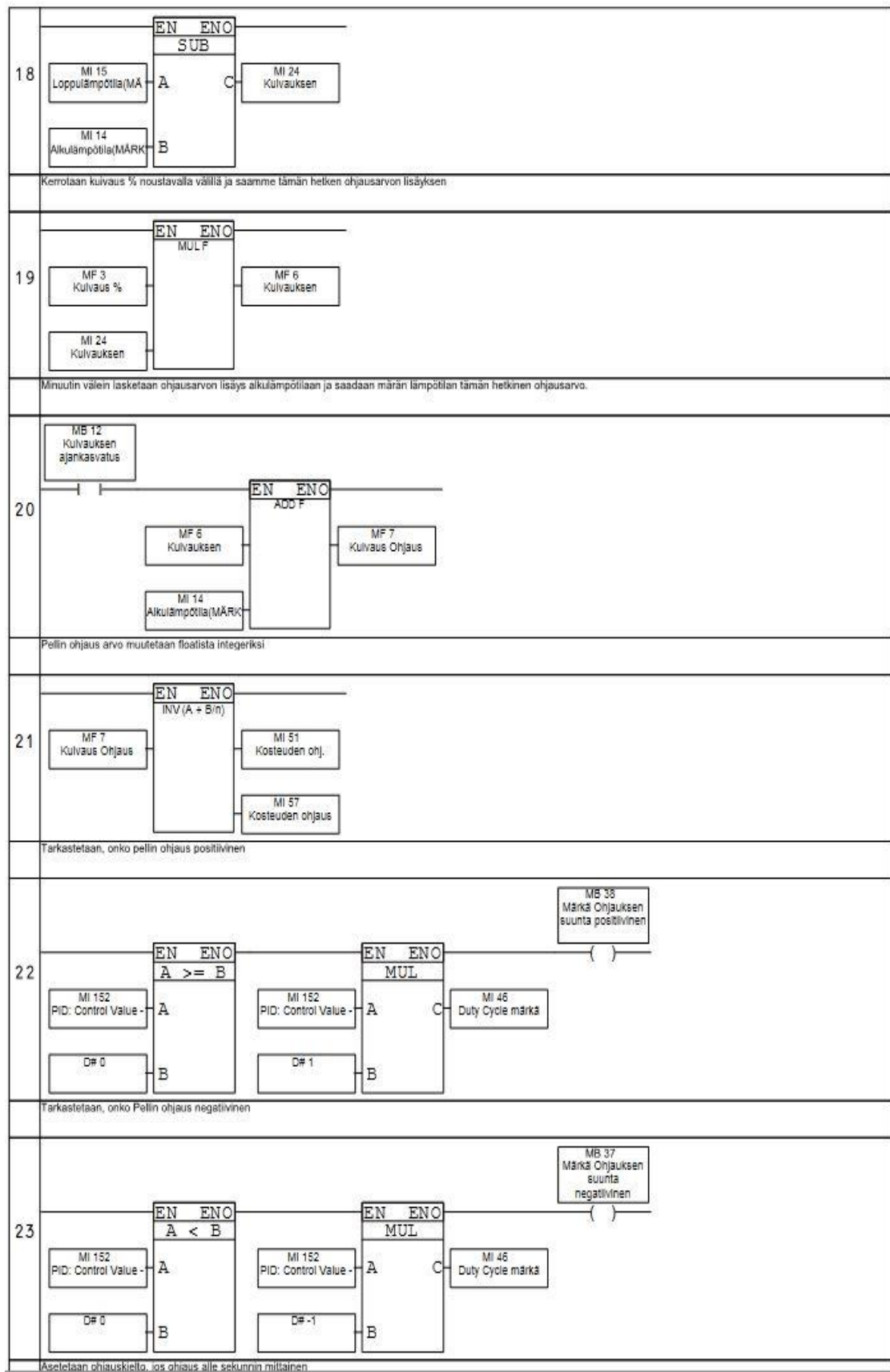
25	<table><tr><td data-bbox="399 253 513 349">RET</td><td data-bbox="513 253 1418 526"></td></tr></table>	RET	
RET			

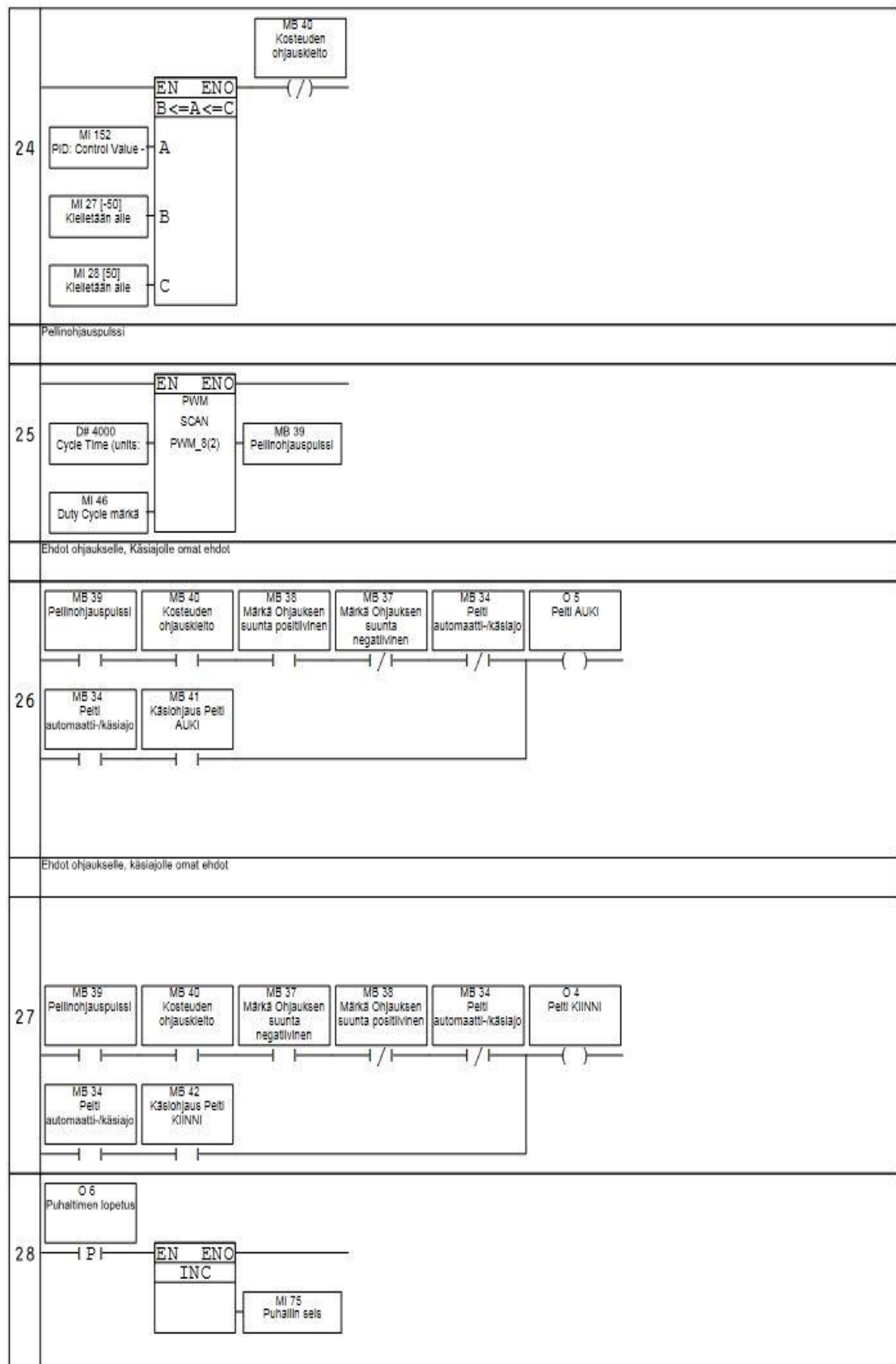
Liite 2. Ohjelmakoodi: Kuivaus











29	<div data-bbox="384 259 496 322">RET</div>

Liite 3. Ohjelmakoodi: Lopetus

